

## СЕКЦІЯ 7. РАДІОФІЗИКА ТА ЕЛЕКТРОНІКА

### УЧЁТ НЕСОВПАДЕНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЮСОВ ПРИ ТЕОРЕТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПЛАЗМЫ, ИНДУЦИРОВАННОГО ВЕТРОМ НЕЙТРАЛЬНОЙ СРЕДЫ

Гринченко С.В.<sup>1)</sup>, Дзюбанов Д.А.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> *Институт ионосферы, г. Харьков, ул. Курпичёва, 16, 61002,  
svgrinchenko@gmail.com, iion.org.ua*

<sup>2)</sup> *Национальный технический университет «ХПИ», ул. Фрунзе, 21,  
г. Харьков, 61002, dzyubanov@gmail.com, www.kpi.kharkov.ua*

Движение ионосферной плазмы определяется процессами диффузии, увлечением нейтральными ветрами и электрическим дрейфом.

Одной из составляющих скорости движения ионов (в частности, ионов  $O^+$ ) ионосферной плазмы является скорость  $\vec{\omega}$  в нейтральной среде вдоль силовых линий магнитного поля Земли. Абсолютное значение проекции вектора  $\vec{\omega}$  на направление вектора напряжённости  $\vec{H}$  магнитного поля Земли совпадает с модулем  $\omega = |\vec{\omega}|$  вектора скорости. Проекция вектора  $\vec{\omega}$  на направление вектора  $\vec{H}$  равно проекции вектора  $\vec{v}_n$  на то же направление:  $Pr_{\vec{H}} \vec{\omega} = Pr_{\vec{H}} \vec{v}_n = \frac{(\vec{v}_n \cdot \vec{H})}{|\vec{H}|}$ .

Вектор напряжённости магнитного поля  $\vec{H} = (H_x, H_y, H_z) = H \cdot (\cos I \cdot \cos D, \cos I \cdot \sin D, \sin I)$ , где углы  $D$  и  $I$  – склонение и наклонение магнитного поля [1, 2, 3]. Вектор скорости нейтрального ветра  $\vec{v}_n = (v_{nx}, v_{ny}, v_{nz}) = (v_{n\phi}, v_{n\lambda}, -v_{nr})$ . Поэтому

$$\begin{aligned} Pr_{\vec{H}} \vec{\omega} &= \frac{(\vec{v}_n \cdot \vec{H})}{|\vec{H}|} = \frac{v_{nx} H_x + v_{ny} H_y + v_{nz} H_z}{H \sqrt{\cos^2 I \cdot \cos^2 D + \cos^2 I \cdot \sin^2 D + \sin^2 I}} = \\ &= \frac{v_{nx} H_x + v_{ny} H_y + v_{nz} H_z}{H \sqrt{\cos^2 I \cdot (\cos^2 D + \sin^2 D) + \sin^2 I}} = \frac{v_{nx} H_x + v_{ny} H_y + v_{nz} H_z}{H \sqrt{\cos^2 I + \sin^2 I}} = \\ &= \frac{v_{nx} H_x + v_{ny} H_y + v_{nz} H_z}{H} = v_{nx} \cos I \cdot \cos D + v_{ny} \cos I \sin D + v_{nz} \sin I = \\ &= (v_{nx} \cos D + v_{ny} \sin D) \cdot \cos I + v_{nz} \sin I. \end{aligned}$$

Проекция вектора скорости  $\vec{\omega}$  на ось  $z$  равна  $\omega_z = Pr_{\vec{H}} \vec{\omega} \cdot \sin I$ .

Радиальная проекция вектора скорости движения ионов вдоль магнитной силовой линии

$$\omega_r = -\omega_z = -Pr_{\vec{H}} \vec{\omega} \cdot \sin I = -(v_{nx} \cos D + v_{ny} \sin D) \cdot \cos I \cdot \sin I - v_{nz} \sin^2 I =$$

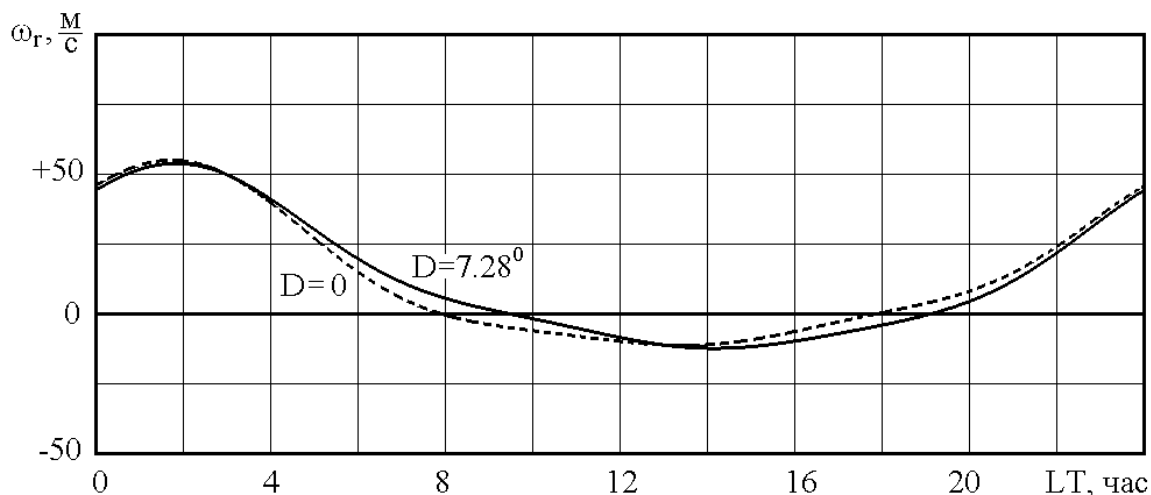
$$= -(v_{n\phi} \cos D + v_{n\lambda} \sin D) \cdot \cos I \cdot \sin I + v_{nr} \sin^2 I.$$

Величину  $\omega_r$  можно назвать радиальной составляющей скорости движения ионов в нейтральной среде вдоль магнитных линий.

Для случая горизонтальных нейтральных ветров, когда  $v_{nr} = 0$ , скорость  $\omega_r = -(v_{n\phi} \cos D + v_{n\lambda} \sin D) \cdot \cos I \cdot \sin I$ .

Если дополнительно пренебречь склонением ( $D \approx 0$ ), скорость  $\omega_r = -v_{n\phi} \cdot \cos I \cdot \sin I$ .

На рисунке представлены результаты вычисления радиальной проекции вектора скорости движения ионов вдоль магнитной силовой линии в день осеннего равноденствия на высоте 300 км над Харьковом при магнитоспокойных условиях ( $A_p = 2$ ) и уровне солнечной активности, характеризующимся индексом  $F_{10.7} = 100$ , при учёте несовпадения магнитного и географического полюсов (угол склонения над Харьковом равен  $7.28^\circ$ ), а также при пренебрежении им.



Пренебрежение углом склонения приводит к некоторым погрешностям вычисления скорости движения плазмы, что влечёт погрешности в теоретических расчётах электронной концентрации. Очевидно, что для расчётов вблизи полюсов данная погрешность будет недопустимо значительной.

### Список литературы

1. W. H. Campbell. Introduction to Geomagnetic Fields. – New York: Cambridge University Press, 2007. – 337 pp.
2. R. T. Merrill, M. W. McElhinny, P. L. McFadden. The Magnetic Field of the Earth: Paleomagnetism, the Core, and the Deep Mantle. – London: Academic Press Limited, 1996. – 526 pp.
3. J. A. Jacobs. Reversals of the Earth's Magnetic Field. – New York: Cambridge University Press. 2005. – 346 pp.